AUS DEM GERICHTLICH-MEDIZINISCHEN INSTITUT BASEL
PROF. S. SCHÖNBERG) UND DEM GESUNDHEITSAMTE BASEL
(PROF. H. HUNZIKER)

ZUR KENNTNIS DER KOHLENOXYDVERGIFTUNG

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER

UNIVERSITÄT BASEL

VORGELEGT VON

HEINRICH HUG
AUS BASEL

VERLAGSBUCHHANDLUNG JULIUS SPRINGER IN BERLIN. 1930

Von der medizinischen Fakultät Basel
genehmigt auf Antrag von Professor S. Schönberg
Tag der Promotion: 21. Dezember 1929

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Sonderabdruck aus der
„Deutschen Zeitschrift für die gesamte Gerichtliche Medizin", Band 16
Printed in Germany

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544313_0089

Bei den immer noch überaus zahlreichen Kohlenoxydvergiftungen in der Ökonomie erweisen sich als Hauptursachen neben dem reinen Leuchtgas schlecht schließende Öfen, sowie Gasheizapparate in unfachgemäß errichteten Badezimmern. Die Fälle, bei welchen Gasbadeöfen die Ursache der CO-Entwicklungen waren, sind zur Genüge bekannt. Die Ursache liegt einerseits in der Ofenkonstruktion und im Fehlen eines Abzuges für die Abgase, andererseits in der Kleinheit des Baderaumes und in dem dadurch bedingten Sauerstoffmangel im Raume. Im Folgenden soll eine neue zu wenig bekannte Ursache für eine Kohlenoxydvergiftung mitgeteilt werden, die ebenfalls durch Leuchtgasapparate bedingt ist. Es sind hier nicht Gasbadeöfen, sondern die so weit verbreiteten Gaskochherde, Gasschnellkocher oder Rechauds. Am hiesigen Gerichtlich-Medizinischen Institut und am Gesundheitsamte wurden in den letzten Jahren 7 Fälle von CO-Vergiftungen beobachtet, deren Ätiologie zunächst unklar erschien. Die Untersuchung ergab, daß alle diese Fälle einen gleichen Verlauf und eine gleiche Ursache zeigten. In der Literatur findet sich nur eine vereinzelte gleichlautende Angabe, bei der jedoch die eigentliche Ursache der Kohlenoxydbildung nicht erkannt wurde. Bei der praktischen Bedeutung, die diesen Fällen zukommt, erscheint es wünschenswert, diese bekannt zu geben, um so mehr, als in einem Teil der Fälle bei rechtzeitiger Erkennung der Situation durch den herbeigeholten Arzt Rettung der Verunglückten erfolgen könnte bei Einleitung frühzeitiger Wiederbelebungsversuche.

Prof. *Schönberg* hat auf der Tagung der Gesellschaft für gerichtliche und soziale Medizin in Heidelberg kurz darüber referiert. Zunächst gebe ich den Sachverhalt, wie er allen Fällen gemeinsam ist.

In einem kleinen Wohnraum, dessen Fenster und Türen geschlossen sind, steht ein Gasschnellkocher (Rechaud). Über einer brennenden Flamme desselben ist ein Topf aufgesetzt mit einem Durchmesser von

über 30 cm, worin Wäsche gekocht wird. Die Feuchtigkeit und Temperatur im Raume sind sehr groß. Am Boden liegt eine Frau entweder tot oder in der Agonie. Die herbeigerufenen Ärzte diagnostizieren jeweilen als Todesursache Herztod. Die Sektion der Leiche ergibt in allen Fällen unzweideutig den Befund einer Kohlenoxydvergiftung.

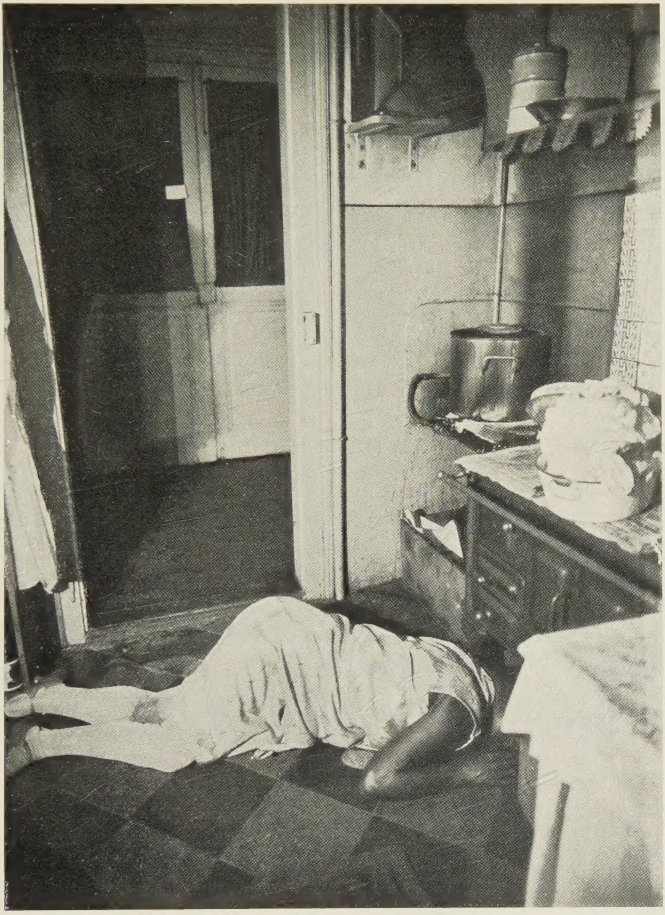

Abb. 1. Situationsbild eines Unglücksfalles. Fall 7.

Den näheren Hergang der Unglücksfälle gibt die folgende Schilderung der Einzelfälle:

1. Fall. Frau A. M., 19. I. 1922. Frau A. M. war am 19. I. 1922 in ihrer Küche mit Waschen von Leibwäsche beschäftigt. Die Küche hatte 19,0 cbm Inhalt; Türe und Fenster fest geschlossen, ein sonstiger Abzug nicht vorhanden. Die Frau wurde tot am Boden gefunden; das Gesicht dem Boden zugekehrt und bedeckt mit erbrochenen Massen. Wasserdampf erfüllte die ganze Zimmerluft;

jedoch Gasgeruch wurde nicht wahrgenommen. In der Ecke links neben der Türe stand ein Rechaud mit 2 Ringbrennern, von denen der eine ein Doppelringbrenner war (Lyoner System, siehe Abb. 5). Auf dem Doppelringbrenner war ein Wäschetopf von 37 cm Durchmesser aufgesetzt, unter ihm brannte noch die Flamme.

Die Sektion hat als Todesursache eine CO-Vergiftung festgestellt. Die Diagnose stützt sich auf die Blutuntersuchung, die sowohl spektroskopisch wie auch durch die chemischen Proben einwandfrei den Nachweis von CO erbrachte. Ferner zeigte der Aspekt innerer Organe hochrote, kirschrote Farbe, desgleichen waren die Totenflecken kirschrot. Sonstige krankhafte Veränderungen irgendwelcher Organe wurden nicht festgestellt. Die Nachuntersuchung des Falles durch das städtische Gaswerk ergab, daß weder außerhalb der Wohnung noch in dieser irgendwelcher Defekt der Leitung vorlag. Das beschriebene Rechaud war nicht außergewöhnlich beschmutzt; sämtliche Brenner in gutem Zustand.

2. Fall. Witwe B. K., 31. X. 1922. Witwe K. wurde an diesem Tage in ihrer Küche tot aufgefunden, auf einem Stuhle sitzend zwischen Küchenkasten und Tisch. Neben dem Tisch befand sich ein Emailbecken, in das sie sich erbrochen hatte. Die Küche hatte einen Rauminhalt von 22,5 cbm. Sie war stark mit Dampf angefüllt; Gasgeruch nicht vorhanden. Auf einem Rechaud (Lyoner System) stand auf dem Doppelringbrenner ein Wäschetopf von 34 cm Durchmesser. Beide Brenner brannten; Türe und Fenster fest geschlossen; in der Küche brannte noch eine Invertlampe. Der herbeigerufene Arzt hatte an einen Herzschlag gedacht.

Die Sektion ergab den typischen Befund einer CO-Vergiftung. Das Gaswerk untersuchte den Fall und fand ebenfalls intakte Rohrleitung innerhalb und außerhalb der Wohnung und keine anderen Anhaltspunkte für eine CO-Vergiftung als die brennende Gasflamme. Das Rechaud selbst wurde nicht beanstandet.

3. Fall. Familie K. 22. I. 1923. Frau K. hielt sich mit ihrem 3jährigen Töcherchen und einem Zimmerfräulein in der Küche auf. Der Rauminhalt der Küche war 21,5 cbm und stand in Verbindung mit einem Gang von 12,2 cbm. Beide Räume sind als ein einziger aufzufassen mit 33,7 cbm. Küchenfenster und Gangtüre waren verschlossen, eine Abzugsklappe nicht vorhanden.

Um 4 Uhr nachmittags stellte Frau K. auf ein Rechaud (nicht Lyoner System) 2 Töpfe von je 24 cm Durchmesser, um Wäsche zu kochen. Nach 2 Stunden Kochdauer klagte das Mädchen über Unwohlsein. Nach einer weiteren $^1/_2$ Stunde fiel das Zimmerfräulein im Gang bewußtlos zu Boden. Frau K. selbst fühlte sich auch nicht mehr wohl, hatte Kopfschmerzen, Müdigkeit in den Beinen, Ohrensausen. Sie öffnete aber rasch das Fenster und erholte sich. Die beiden anderen wurden ins Bett gebracht und kamen rasch zur Genesung. Gasgeruch wurde nie festgestellt.

Die Untersuchung durch das Gaswerk ergab auch hier den gleichen Befund wie in den beiden ersten Fällen.

4. Fall. Frau M. 1. II. 1926. Frau M. hatte an diesem Tage nachmittags Wäsche. Um 2 Uhr stellte ihre Tochter in der Küche, die nur 14,4 cbm Rauminhalt hatte, auf das Rechaud (Lyoner System) 2 Töpfe auf. Auf dem Doppelbrenner stand ein Topf mit 37 cm Durchmesser, auf dem anderen ein solcher von 30 cm Durchmesser. Frau M. war in der Folgezeit allein in der Küche. Um $5^3/_4$ Uhr hatte die Frau in der Wohnung nebenan einen dumpfen Fall gehört. Um 7 Uhr kam die Tochter nach Hause und fand die Mutter tot am Boden. Türen und Fenster waren geschlossen, ein Abzug nicht vorhanden. Das Rechaud hatte voll und richtig gebrannt. Die Küche war erfüllt von Wasserdampf; Gasgeruch

nicht vorhanden. Der herbeigeholte Arzt stellte Herzlähmung fest. Die Sektion ergab als Todesursache das typische Bild einer CO-Vergiftung. Irgendwelche Krankheitszustände anderer Art wurden nicht festgestellt. Das Gaswerk ist zum gleichen Untersuchungsresultat gekommen, wie bei den oben beschriebenen Fällen.

5. Fall. Frau U. 6. II. 1929. Frau U. hatte in ihrer Küche Wäsche. Der Rauminhalt der Küche ist 18,3 cbm. Als durch die Türe Dampf ins Treppenhaus strömte, wurde eine Mitmieterin gewahr, daß Frau U. stöhnte. Die Wohnung von Frau U. wurde sofort erbrochen; Frau U. lag bewußtlos in ihrer Küche auf dem Boden; Fenster und Türe verschlossen, ein Abzug war nicht vorhanden. Qualmender Dampf erfüllte die Küche; Gasgeruch war nicht vorhanden. Auf einem

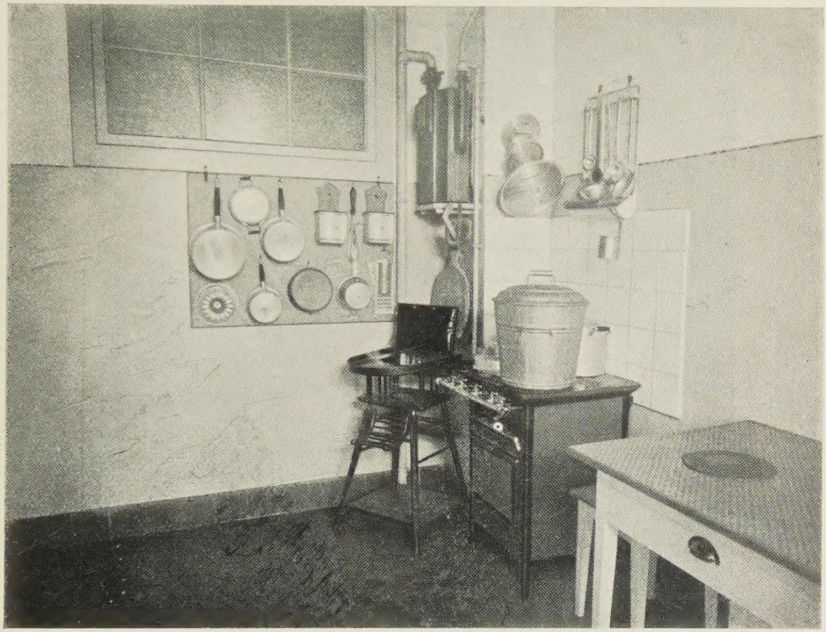

Abb. 2. Situationsbild. Neuer Gaskochherd. Der Topf sitzt unmittelbar der Gasherdplatte auf. Fall 6.

Rechaud (Lyoner System) standen 2 große Töpfe mit Wäsche. Die Flammen brannten. In den Töpfen fand sich verkohlte Wäsche. Der herbeigeholte Arzt konnte nur noch den Tod feststellen; er vermutete Herztod.

Die Sektion ergab einwandfrei eine reine CO-Vergiftung. Ferner fehlte irgendwelcher Anhaltspunkt für die Annahme einer anderen Todesursache. Das Gaswerk kam zum gleichen Untersuchungsergebnis wie in den obigen Fällen.

6. Fall. Frau C. 12. III. 1929. An diesem Tage wurde Frau C. von ihrem Bruder in der Küche am Boden liegend gefunden. Sie atmete noch, lag mit dem Gesicht dem Boden zugekehrt. Der Rauminhalt der Küche betrug 30,4 cbm. Die Küche von Dampf erfüllt; Gasgeruch nicht vorhanden; Türe und Fenster geschlossen; ein Abzug nicht eingebaut. Auf dem Gasherd (ein dreilöcheriger neuer Gasherd in tadellosem Zustand) stand ein 35 l fassender Kessel mit Wäsche gefüllt. Die Gasflammen darunter brannten tadellos. Der herbeigerufene Arzt konnte nur noch den Tod feststellen und stellte die Diagnose Herztod.

Die Sektion ergab auch hier eine CO-Vergiftung gestützt sowohl auf den pathologisch-anatomischen Befund, als auch auf die spektroskopische Blutuntersuchung. Als Besonderes ist zu erwähnen, daß die Frau am Ende einer Schwangerschaft war und daß spektroskopisch der Nachweis von CO im Kindesblut nicht gelang. Die Untersuchung des Gaswerkes ergab wiederum die gleichen

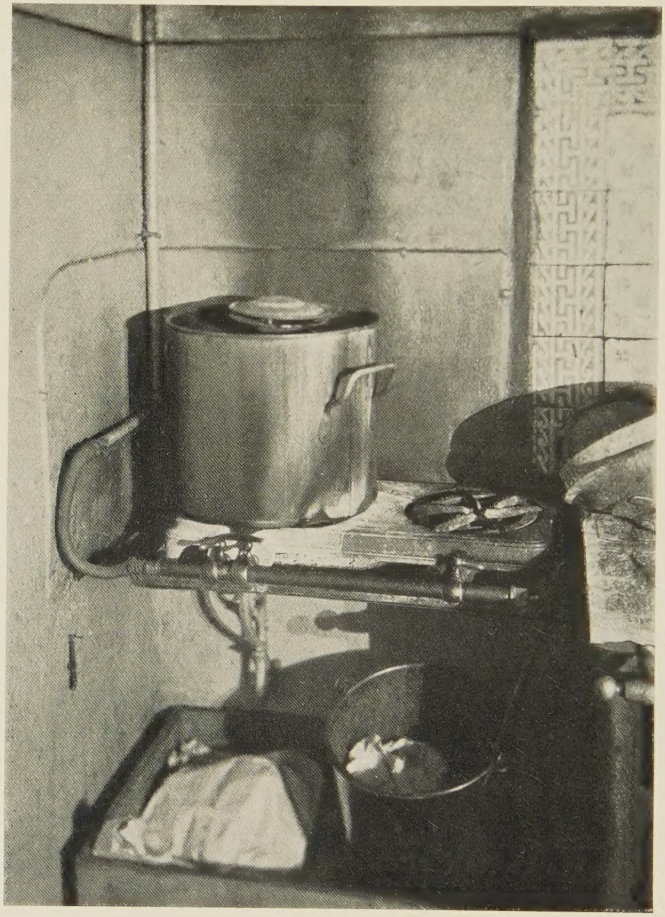

Abb. 3. Ansicht des Kochtopfes auf dem Gasrechaud. Fall 7.

Verhältnisse wie in den übrigen Fällen, intakte Rohrleitung und Ausschluß irgendwelcher anderen CO-Quellen.

7. Fall. Fräulein F. 20. IV. 1929. Fräulein F. war allein in der Wohnung eines Mehrfamilienhauses. Da sie seit 8 Tagen im Hause nicht mehr gesehen wurde, ließ der Hausmeister die Wohnung öffnen. In der Küche von 15 cbm Rauminhalt, deren Fenster und Türe geschlossen waren, lag direkt vor der Türe und dem Gasrechaud die Leiche der F. Das Rechaud befand sich beim Eingang der Türe in der linken Küchenecke. Es war ein Lyoner Rechaud, auf welchem auf

dem Doppelringbrenner ein Waschhafen von 37 cm Durchmesser stand. Im Kessel befand sich verkohlte Wäsche; die Flammen darunter brannten.

Die Sektion dieser sich in Fäulnis befindenden Leiche ergab nicht mit vollkommener Sicherheit eine CO-Vergiftung. Die chemisch-spektroskopische Blutuntersuchung läßt nicht eindeutig CO nachweisen wegen Fäulnis des Blutes. Aus der bei der Auffindung der Leiche vorliegenden Situation im Vergleich mit ähnlichen Fällen, sowie aus Mangel an irgendeinem Hinweis für eine andere Todesursache wird eine CO-Vergiftung als Todesursache das Wahrscheinlichste sein. Es läßt sich durch Rekonstruktion der Situation mit diesem Rechaud bei obigen Bedingungen experimentell CO erzeugen. Das Gaswerk hat die Nachuntersuchung unternommen und kam zum gleichen Resultat wie in den übrigen Fällen.

Der Sachverhalt bei den erwähnten Fällen ist bezüglich des Verlaufes und der Todesursache so übereinstimmend, daß es genügt, auf die kurze in der Einleitung gegebene Zusammenfassung hinzuweisen. Einer weiteren Untersuchung bedarf jedoch die Frage: wieso bildet sich in den Fällen CO? Hängt die CO-Bildung einzig ab von einer falschen Brennerkonstruktion, oder spielen gewisse Dinge, die als Zufälligkeiten erscheinen, wie Kleinheit des Raumes, Temperatur, Feuchtigkeit, evtl. Topfgröße und Abstand des Topfbodens vom Brenner auch eine Rolle? Nach gründlicher Untersuchung kommt als einzig mögliche CO-Quelle die brennende Gasflamme der Rechauds in Betracht. Eine falsche Zusammensetzung des Leuchtgases bezüglich des CO-Gehaltes ist nachgewiesenermaßen nicht anzunehmen. Es kann sich nur um eine unvollkommene Verbrennung von Leuchtgas handeln. Bei einer vollkommenen Verbrennung soll das im Leuchtgas vorgebildete, zu etwa 18% vorhandene CO und dazu noch das durch Zerlegung von Kohlenwasserstoffen sich bildende CO zu dem unschädlichen Kohlendioxyd oxydiert werden. Findet aber die Oxydation durch Sauerstoffmangel nicht statt, dann finden sich eben in den Verbrennungsgasen noch nicht oxydierte Mengen von CO. Eine solche unvollkommene Verbrennung kann durch fehlerhafte Brennerkonstruktion zustande kommen. Die Gasfachleute sind sich bewußt, daß bei den Gasheizapparaten eine absolut vollkommene Verbrennung praktisch nicht ganz möglich ist. Unzählige Versuche über verschiedene Brennerarten bezüglich ihrer CO-Entwicklung haben Normen aufstellen lassen, nach welchen praktisch eine Heizanlage als ungefährlich bezeichnet werden darf. So hat *Gréhant* bei Auerbrennern bis $^1/_{4300}$ Vol. Teil CO in der Luft gefunden. *Geelmuyden* und *Bunte* einigten sich auf einen Maximalgehalt der Luft von 0,02 Vol.-% bei Auerbrennern und sagen: „Eine völlig gleichgültige Menge, wenn man bedenkt, daß sich diese Verbrennungsprodukte sofort mit einer großen atmosphärischen Luft vermischen.“ Auf Grund solcher Berechnungen werden dann solche Apparate der Öffentlichkeit übergeben, indem stillschweigend Voraussetzungen gemacht werden. Was man jedoch voraussetzen darf an Ver-

ständnis für die Handhabung von Apparaten, zeigen unsere Unglücksfälle. Die hier gebrauchten Rechauds können von den Gasfachleuten nicht so beanstandet werden, daß das Gesetz in der Lage wäre, sie der Öffentlichkeit zu verbieten. Das städtische Gaswerk hat für die CO-Entwicklung in unseren Fällen folgende Erklärung abgegeben. Die gebrauchten Rechauds würden bei gewohnter Handhabung keine Gefahr bieten. Durch die vollkommene Ventilationsunmöglichkeit in den kleinen Küchen, wo Türen und Fenster jeweilen geschlossen waren, sei der Raum sauerstoffarm geworden. Die Abgase blieben in der Küche gefangen und würden sich infolge ihrer großen Schwere zu Boden senken. Sie füllten so den Raum langsam an, indem sie die noch Sauerstoff enthaltende Luft durch geringe Undichtigkeiten in Tür und Fenster aus der Küche verdrängten. Die Ursache liege also im Sauerstoffmangel im Raume und im Nichtvorhandensein eines Abzuges. Erst in zweiter Linie, wenn die Luft allmählich so kohlensäurereich geworden sei, daß für eine vollkommene Verbrennung zu wenig Sauerstoff vorhanden sei, setze die CO-Entwicklung ein. Die gleiche Meinung vertritt auch *Heller* in seinem 1914 bekanntgegebenen Falle. Ich zitiere *Ochsner* 1920:

Die 43jährige Frau H. wurde in der Küche abends tot aufgefunden. Sie hatte dort tagsüber bei brennendem Gasherd gewaschen. Da sie früher beim Waschen schon Schwindelanfälle bekommen hatte, stellte der Arzt die Diagnose auf Herzlähmung. Es wurde Kremation gewünscht, weshalb die Leiche zur Sektion kam, die als Todesursache CO-Vergiftung feststellte. Auf Grund dieses Ergebnisses wurde nach der Herkunft des CO geforscht. Gas- oder Rauchgeruch war nie wahrgenommen. An der Wand brannte noch eine Petroleumlampe. Die Untersuchung der Heizanlagen und Gasleitung ergab keinen Defekt. Das CO mußte in der Küche entstanden sein. Die Frau hatte bei geschlossener Türe und geschlossenem Fenster gewaschen.

Heller erklärt das Zustandekommen des CO gleich wie oben erwähnt. Den Mangel an Sauerstoff in Verbindung mit der hohen Kohlensäurekonzentration allgemein im Raume erachtet er als die Ursache der unvollständigen Verbrennung. Er sieht die Kleinheit des Raumes direkt als die Vorbedingung zur CO-Entwicklung an.

Ich kann mich dieser Auslegung bezüglich der Bildung von CO in den gegebenen Fällen nicht anschließen. Es ist nicht Sache eines Mediziners, Untersuchungen über fehlerhafte Brennerkonstruktionen anzustellen, weshalb ich mich auf die fachmännische Begutachtung der vorliegenden Apparate berufe. Da technisch diese nicht beanstandet werden können, so muß die Ursache der CO-Bildung in diesen als Zufälligkeiten bezeichneten Faktoren liegen, wie Kleinheit des Raumes, Temperatur, Feuchtigkeit usw. Ich glaube jedoch nicht, daß Kohlensäureüberladung des Küchenraumes und Sauerstoffmangel desselben zusammen eine CO-Entwicklung durch unvollkommene Verbrennung bewirken. Vielmehr werde ich experimentell beweisen, daß andere Fak-

toren, die auch als Zufälligkeiten erscheinen, in unseren Unglücksfällen direkt die CO-Entwicklung auslösen. Die Kleinheit des Raumes und seine Ventilationsunmöglichkeit spielt nicht für die CO-Entwicklung eine Rolle, wohl aber für die CO-Vergiftung. Das unabhängig vom Raum sich bildende CO wirkt natürlich in kleinem nicht ventiliertem Raum rascher toxisch, weil hier rascher eine schädigende Dosis erreicht wird.

Es ist keine Zufälligkeit, daß alle diese Frauen beim Waschen verunglückten, wo die Gasrechauds in einer Art verwendet werden, die vom gewöhnlichen Gebrauch als Kochherd abweicht. In allen Fällen wurde die Flamme bedeckt mit einem überaus großen Gefäß. Dabei wurde von diesen Gasapparaten eine Leistung verlangt, die der Techniker bei der Konstruktion nicht vorgesehen hat. Es sind bei den Unglücksfällen jeweilen Töpfe verwendet worden von einem Durchmesser von über 32 cm.

Ich habe daraufhin mit verschiedenen Rechauds meine Versuche angestellt.

Der Versuchsraum hat einen Inhalt von 21,3 cbm ist allseitig gut geschlossen und zeigt auf der einen Seite ein Beobachtungsfenster. Im Raume steht ein Tisch mit dem Rechaud, zwischen Rechaud und Gasuhr ist ein Gasdruckgleichmesser eingeschaltet. Es soll die CO-Entwicklung auf eine biologische Weise festgestellt werden durch den Tierversuch. Und zwar rechtfertige ich diesen dadurch, daß etwaige andere für das Zoon einflußreiche Noxen bei diesen CO-Vergiftungsarten, wie sie sich in praxi ergeben haben, nicht vernachlässigt werden. Ich denke an die Temperatur, die Feuchtigkeit, den Kohlensäuregehalt, alles Dinge, die unter Umständen das Lebewesen so zu beeinflussen vermögen, daß sie für eine CO-Vergiftung prädisponierend wirken. Ferner hat der Tierversuch noch den Vorteil, daß man annäherungsweise aus der Empfindlichkeit der Tiere auf CO auf den Gehalt der Luft dieses Giftes schließen kann. Als Versuchstiere wurden die Maus und das Meerschweinchen gewählt. Die Maus gilt als das empfindlichste Tier auf CO. Beim Menschen treten in einer Atmosphäre von 0,05% CO in 20 Minuten Vergiftungssymptome ein, bei Mäusen schon in 30 Sekunden. Viel weniger empfindlich ist das Meerschweinchen; es stirbt in 1—2 Stunden bei einem CO-Gehalt der Luft von 0,9—1%. Es vermag 2—3 Stunden in einer Atmosphäre von 0,5% zu leben und erholt sich wieder rasch an frischer Luft. Doch darf man nicht dem Fehler verfallen, aus dem Tierexperiment Normen für den Menschen zu entnehmen. Über die giftige Dosis herrscht hier noch große Unsicherheit. Es hängt, wie *Lewin* sagt, vom persönlichen Glück, von seiner individuellen Empfindlichkeit auf CO ab, wie rasch CO-Vergiftungen eintreten. Er sagt, es sei ein Irrtum zu glauben, daß 0,06 bis 0,2% CO-

Gehalt der Luft nicht schon Menschen töten könnten. *Gruber* hat als Schädlichkeitsgrenze des CO in der Verbrennungsluft eine Menge von 0,05% als Norm aufgestellt. Beide betonen, daß das alles nur Möglichkeitswerte seien wegen der individuellen Empfindlichkeit auf CO.

In den Versuchen werden die Tiere in verschiedene Höhen gebracht. Es werden so 4 Versuchsstationen im Raume angelegt. Jede hat einen Aufnahmekäfig aus feinem Haardraht, eine brennende Kerze und ein frei hängendes Thermometer.

Station A	auf dem Boden	1,10 m	vom Brenner
„ B	0,55 m vom Boden	0,80 m	„ „
„ C	1,10 m „ „	0,80 m	„ „
„ D	1,60 m „ „	2,00 m	„ „

Bei der ersten Versuchsreihe brannte in diesem Raume ein fabrikneues Rechaud neuester Konstruktion. Die einzelnen Flämmchen des Brenners zeigten einen scharf gezeichneten grünen Innenkern und einen blauen Außenmantel ohne leuchtende Spitzen. Das Bild blieb unverändert, ob die Flamme bedeckt wurde mit Töpfen von kleinem oder großem Durchmesser. Es wurde ein Gefäß mit 40 cm Durchmesser aufgesetzt und $3^1/_2$ Stunden Wäsche gekocht. Das Versuchstier (Maus) in D (1,60 m) starb nach 1 Stunde bei einer Temperatur von 32°; im Blut war kein CO nachweisbar. Der Tod erfolgte durch Wärmestauung. In B und C einige Zeit später das gleiche Ergebnis. Die sog. Luftproben waren nach 1 Stunde wie nach $3^1/_2$ Stunden CO-negativ (—)*. Während der ganzen Brenndauer erloschen in keiner Höhe die Kerzenflammen. Bei diesen Bedingungen war keine CO-Entwicklung zu erzwingen.

Bei der 2. Versuchsreihe wurde die Versuchsanordnung dahin geändert, daß ein Rechaud älterer Konstruktion verwendet wurde, ein sog. Lyoner Rechaud, wie es in der Schweiz und in Frankreich weit verbreitet ist. Die Abb. 4 zeigt ein solches System, wie es in Fall 1, 2, 4, 5, 7 in Gebrauch war. Die Lyoner Systeme scheinen deshalb minderwertiger zu sein, weil der Doppelringbrenner 2 Flammenkränze hat, einen peripheren aus einfachen Einzelflämmchen zusammengesetzten und einen zentralen Flammenkranz, gebildet wiederum aus einem

* CO wurde nach den üblichen chemischen und nach der spektroskopischen Methode nachgewiesen. Bei letzteren wurde die Reduktionsprobe mit Schwefelammonium zu Hilfe genommen. Der Erklärung bedarf vielleicht das Resultat das ich mit (+/—) bezeichne. Es bedeutet dies, daß gleichzeitig Oxy- und CO-Hämoglobin vorhanden ist, und daß beide Spektra im Apparat übereinander gelagert sind. Bezüglich der Genauigkeit der spektroskopischen Methode zitiere ich *Lewin;* nach ihm können 7—10% CO-Hämoglobin im Blut noch nachgewiesen werden, was einer Atmosphäre entspräche, wo 0,018% CO in der Luft vorhanden wären.

Doppelkranz von konvergierenden Einzelfämmchen. Der Nachteil dieser Konstruktion liegt darin, daß immer der periphere Flammenkranz stets genügend Sauerstoff zur Verfügung hat, während der zentrale Kranz schlechtere Bedingungen hat. Doch gab der Versuch auch mit diesem Rechaud keine CO-Bildung. Die Gaszufuhr zum Doppelringbrenner eines Lyoner Rechaud wird mit 2 Hähnchen reguliert, einen ersten Hahn für den inneren Flammenkranz und einen zweiten für den äußeren. Aus Spargründen kann beim Kochen der zweite Hahn zugedreht werden. Wird er später wieder geöffnet, ohne daß der Topf abgehoben wird, so kommt ein Zustand, den der Volksmund als „Falschbrennen" bezeichnet. Dabei brennt der äußere Flammenkranz gut, der innere unvollkommen. Wird nun der erste Versuch bei so schlecht

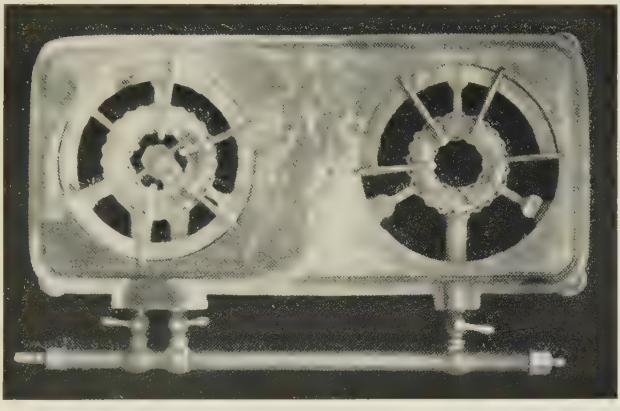

Abb. 4. Lyoner Rechaud.

brennender oder zurückgeschlagener Flamme wiederholt mit einem Topf von 40 cm Durchmesser und $3^1/_2$ Stunden Kochdauer, so ergibt sich folgendes Resultat. In D (1,60 m) wurde kein Tier mehr ausgesetzt wegen der hohen Temperaturen. Die Mäuse, die in C (1,10 m), B (0,55 m), A (auf dem Boden) verweilten, gingen während der Versuchsdauer nicht zugrunde. Sie wurden aber weiter im Versuchsraum gelassen. Nach 8 Stunden vom Beginn des Versuches kam die Maus in C ad exitum und 7 Stunden später auch die Maus in B. Die Blutuntersuchung bei beiden Tieren hat ein positives Resultat ergeben. Die Luftproben waren erst nach $3^1/_2$ Stunden schwach positiv. Während des ganzen Versuches blieben die Kerzen brennend. Es hat sich also unter diesen Umständen CO entwickelt. Die Gastechniker wenden ein, daß es jeder Frau auffallen müsse, wenn der Brenner mit zurückgeschlagener Flamme brenne. Es entsteht dadurch nämlich ein Geräusch. Erfahrungsgemäß weiß man jedoch, daß dieses oft überhört wird, besonders

in der Verfassung, in der die Frauen in einem solchen Raume arbeiten. Es scheint unglaublich, daß in einem so dampferfüllten Raum, wo in Kopfhöhe eine Temperatur von 35—36° herrscht, überhaupt gearbeitet werden kann. Eigentümlich ist, daß, wenn der Versuch mit einem Topf von gewöhnlicher Größe angestellt wird, die Flamme ebenfalls zurückschlägt beim Manipulieren an den Hähnchen, daß jedoch eine CO-Entwicklung trotz dieser unvollkommenen Verbrennung nicht nachweisbar wird. Die nächste Versuchsreihe stellte man an mit einem Rechaud, das in Fall 7 das Unglück verschuldete. Es ist ebenfalls ein Lyoner Rechaud. Über dessen Zustand ist von technischer Seite nicht

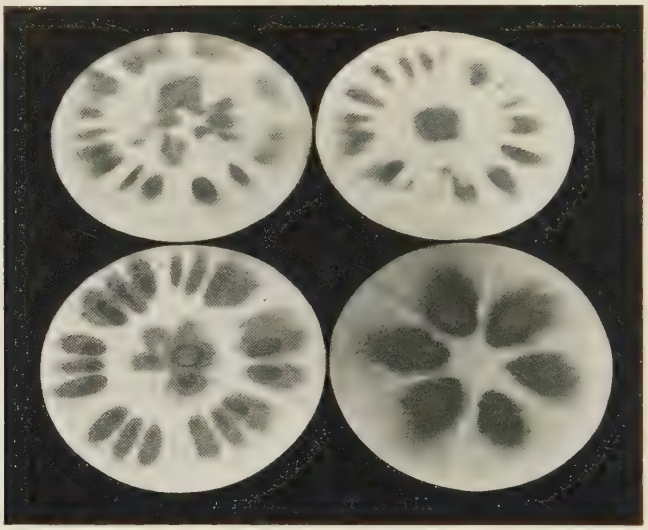

Abb. 5. Flammenbilder verschiedener Gasflammen.

viel einzuwenden. Die einzelnen Flämmchen brennen unbedeckt oder nur mit kleinem Topf tadellos. Sobald jedoch Gefäße mit einem Durchmesser von mehr als 30 cm die Flamme bedecken, so werden die Flämmchen des Innenkranzes auf dem Doppelringbrenner fast farblos und geben eine schwelende luftsuchende Flamme. An obenstehenden Flammenbildern* ist der Zustand der Flamme schön zu demonstrieren. Legt man 3 mm dicke Erlenholzfournierscheiben mit einem Durchmesser von 32 cm auf die Heizflammen, so bekommt man bei einem modernen Rechaud eine tiefe, schwarze, verkohlte Brandmarke schon nach 10 Sekunden Brenndauer (Abb. 5, rechts unten). Bei dem vorliegenden Lyoner Rechaud wird ebenfalls eine schöne regelmäßige Flammenzeichnung er-

* Für die Ratschläge technischer Art sei hier Herrn Ing. *H. Hauri*, Inspektor des Baseler Gaswerks, gedankt.

halten, wie Abb. 5 (links unten) zeigt. Hier ist jedoch eine wichtige Einschränkung zu machen. Jede Heizanlage bei den Gaskochherden besitzt um den Brenner einen sog. Rippenring. Dieser hat den Zweck, daß der Boden des aufgesetzten Gefäßes nicht direkt auf dem Brenner ruht, sondern in einem bestimmten Abstand dazu sich befindet. Liegt nun der Rippenring so, daß der Abstand Brenner-Topfboden zu klein wird, und ist gleichzeitig der Topfboden von einem übernormalen Durchmesser, so bekommen wir von dem betreffenden Brenner eine Flammenzeichnung, wie sie Abb. 5 (die oberen Bilder) darstellt. Dabei ruhte die Holzscheibe sogar 3mal so lange, also 30 Sekunden, auf der Flamme. Dennoch sind die Brandmarken nur ganz oberflächlich, die einzelnen Flammen sind in unregelmäßiger Anordnung. Das ist das Bild einer unvollkommen verbrennenden Heizgasflamme, wie sie in Fall 7 und bei meinen folgenden Versuchen vorliegt.

Die gleiche Anordnung wie in den früheren Versuchen wurde beibehalten. In D (1,60 m) wird wegen der großen Hitze keine Maus mehr angesetzt. In C (1,10 m) verendete eine Maus nach $1^1/_2$ Stunden in einer Temperatur von 28°. Ein zweites Tier, das an seine Stelle gebracht wurde, starb nach einer Viertelstunde Verweildauer im Raume. Bei beiden Tieren hat die Blutuntersuchung deutlich den Nachweis von CO ergeben. In B (0,55 m) wurde dasselbe Bild wie in C festgestellt, zeitlich nur um eine halbe Stunde später. Der CO-Nachweis gelang auch hier bei beiden Tieren. Während des ganzen Versuches jedoch blieb die Maus in A am Leben; die nachträgliche Blutuntersuchung hat kein CO nachgewiesen. Die Luftproben waren nach der ersten Stunde merkwürdigerweise in jeder Höhe negativ; nach der zweiten Stunde jedoch konnte in D (1,60 m) CO nachgewiesen werden, und im weiteren gelang auf dieser Höhe der CO-Nachweis immer, während am Boden CO nie festgestellt werden konnte. Die Kerzen erloschen während des Versuches in keiner Höhe. Kontrollversuche haben stets das gleiche Resultat gezeitigt; Schwankungen wurden nur bezüglich der Luftproben festgestellt. In gleicher Höhe konnte eine erste Luftprobe positiv sein und eine zweite eine halbe Stunde später eigentümlicherweise negativ. Wahrscheinlich werden diese Unregelmäßigkeiten auf die ungewöhnlichen Luftströmungsverhältnisse in dem überhitzten und feuchten Raume zurückzuführen sein.

Ändert man die Topfgröße und stellt den Versuch mit einem Topf von 20 cm Durchmesser an, so läßt sich in keiner Phase CO nachweisen, obschon sich die übrigen Bedingungen in keiner Weise geändert haben. Zum gleichen negativen Resultat kommt man auch, wenn bei der Verwendung des Topfes mit 40 cm Durchmesser dessen Boden in einem größeren Abstand vom Brenner gebracht wird. Allerdings muß der Abstand mehr als $1^1/_2$ cm betragen, wodurch dann der Heizwert der

Brenneranlage beträchtlich sinkt. Es genügt also hier, die Flamme mit einem Topf von einem Durchmesser von etwa 35—40 cm zu bedecken, ohne an dem üblichen Abstand Brenner-Topfboden eine Änderung vorzunehmen, um die CO-Bildung in Gang zu setzen. Sie tritt also nicht, wie behauptet wurde, erst allmählich ein, wenn in einem geschlossenen Raum die Luft kohlensäureüberladen und sauerstoffarm geworden sei. Die Flammenbilder zeigen, daß die Verbrennung nicht erst im Verlaufe des Versuches eine unvollkommene wird, sondern daß sie es von vornherein ist, sobald gewisse Bedingungen erfüllt sind. Zu diesen gehört als wichtigstes Moment das Verhältnis Brenner-Topfbodenabstand einerseits und Brenner-Topfbodengröße andererseits. Der deutsche Verein für Gas- und Wasserfachmänner hatte 1927 dazu Stellung genommen. Er gibt eine Anleitung heraus zur Handhabung von Gas, Heiz- und Kochapparaten und erwähnt dort ausdrücklich, daß zur vollkommenen Verbrennung der Gase folgende 2 Punkte zu berücksichtigen seien: 1. Die Verbrennungsluft muß ungehindert Zutritt zur Flamme haben. 2. Die Verbrennungsgase müssen ungehindert abziehen können. Sie weisen auf die Entstehung des CO bei Nichtbeachtung dieser Dinge hin.

Das sind nun die Bedingungen, die in erster Linie für eine CO-Entwicklung in diesen Unglücksfällen erfüllt sein mußten. Für eine CO-Vergiftung kommen allerdings noch andere Faktoren dazu, und zwar in erster Linie muß die Ventilationsunmöglichkeit angeschuldigt werden. Das Gaswerk hat heute seine Ansichten über die Entstehung des CO in diesen Fällen auch geändert. Es sind Untersuchungen in Gang, die von technischer Seite diese Verhältnisse zu klären versuchen. Welche Rolle die Ventilationsunmöglichkeit spielt, zeigt auch der Tierversuch, indem der CO-Nachweis nicht mehr gelingt, sobald im Versuchsraum bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen eine Abzugsklappe geöffnet wird. Die Kleinheit und Ventilationsunmöglichkeit des Raumes, die Feuchtigkeit, die Temperatur, der Kohlensäuregehalt und der Sauerstoffgehalt sind alles Faktoren, die für die Vergiftung selbst nicht zu vernachlässigen sind.

Die Gaschemiker haben interessante und wichtige Beziehungen gefunden zwischen Kohlensäure- und Wasserdampfgehalt der Luft und Raumventilation. *Rietschel* hat den Kohlensäuregehalt der Luft in kleinen abgeschlossenen Räumen, wo Heizflammen brannten, berechnet. Nach seinen Resultaten sind Räume mit einem CO_2-Gehalt von 0,4% noch für die Gesundheit des Menschen als nicht schädlich zu erachten. *Pettenkofer* ist für bedeutend niedrigere Werte eingestanden (0,1%). Es scheint dies heute noch eine Streitfrage zu sein. Die Gasfachleute sind übereingekommen, einen Raum dann als genügend ventiliert zu erachten, wenn der CO_2-Gehalt nach *Rietschel* 0,4% nicht überschreitet,

oder nach anderer Berechnung, wenn die Gasmenge, die in 1 Stunde in einem Raum verbrannt wird, 4% des Rauminhaltes nicht überschreitet. Solche Räume brauchen dann keinen Abzug. Sämtliche Räume, in denen in unseren Fällen die CO-Vergiftung sich ereignet hat, und auch der vorliegende Versuchsraum brauchten dann mit einem Abzug nicht versehen zu werden. Die Folgen sind durch meinen Versuch klargelegt. In der Frage des Wasserdampfes herrscht mehr Übereinstimmung. Wasserdampf, namentlich bei Temperaturen über 20°, bewirkt für das Lebewesen eine deutliche Herabsetzung der Leistungsfähigkeit, evtl. sogar Tod. *Wehrli* untersuchte, wie Feuchtigkeit und Temperatur die Kohlenoxyd- und Kohlensäurevergiftung beeinflussen. Er stellte fest, daß von Mäusen bei niederen Temperaturen viel höhere Konzentrationen von CO ertragen werden als bei höheren. Temperaturen über 16° bewirken den Tod der Tiere mit halb so großen Mengen CO. Ähnlich wirkte die Feuchtigkeit; die Tiere würden für CO und CO_2 empfindlicher mit zunehmendem Feuchtigkeitsgrad. Es bleibt nun noch die Frage zu diskutieren, welche Konzentrationen von CO genügen, um in diesem heißen, feuchten, kohlensäureüberladenen Milieu Vergiftungserscheinungen beim Menschen hervorzurufen. Zusammenfassend deute ich bezüglich der Menge und Verteilung des CO im Raume die Versuche folgendermaßen. Es sind nur kleine Mengen von CO gebildet worden; denn Mäuse gehen in einem Abstand vom Boden von 1,10 m erst nach $1^1/_2$ Stunden zugrunde. Eine zweite Maus, eingeführt nach $1^1/_2$ Stunden Brennzeit in denselben Ort, kommt allerdings schon nach $^1/_4$ Stunde ad exitum. Es vergeht also immerhin eine geraume Zeit, bis das empfindlichste Tier auf CO, eben die Maus, an der Vergiftung stirbt. Ferner sind Tiere, die sich auf dem Boden befanden, nie an einer CO-Vergiftung gestorben. Dies kann mit der natürlichen Ventilation und der Verteilung des CO im Raume zusammengebracht werden. Einerseits finden die Tiere immer wieder am Boden Ritzen und Spalten, die ihnen Frischluft verschaffen, andererseits haben die Luftproben auch große Unregelmäßigkeiten gezeigt. Im allgemeinen ergeben sie, daß CO sich im Raume oben ansammelt und sein Nachweis, je näher dem Boden, größere Unregelmäßigkeiten ergibt. Das muß mit der mir unklaren Luftströmung in diesem geschlossenen, feuchten Raume zusammenhängen. Mit der physikalischen Natur des CO läßt sich seine Ansammlung im Raume in der Höhe vereinbaren. CO ist leichter als Luft (Luft = 1, CO = 0,967). Bei den Leuchtgasvergiftungen findet sich CO allerdings am Boden, weil es mit den schweren Kohlenwasserstoffen vergesellschaftet ist.

Eigentümlich ist das Verhalten von Meerschweinchen bei der letzten Versuchsanordnung. Sie gehen eindeutig an CO nicht zugrunde. Nach einem Aufenthalt von einer halben Stunde auf einer Höhe von

1,10 m vom Boden und einer Temperatur von 26° werden die Tiere zunächst unruhig, zeigen oberflächliche rasche Atmung und gehen dann rasch in einen Schlafzustand über. Selbst nach 10 Stunden und mehr kommen sie im Versuchsraum nicht ad exitum. An die frische Luft gebracht, erholen sie sich rasch wieder. Die Blutuntersuchung hat bei ihnen jeweilen ergeben, daß sich neben noch reichlichem Oxyhämoglobin sicher CO-Hämoglobin findet. Im Spektroskop ist das gekennzeichnet durch die schon beschriebene Übereinanderlagerung der beiden Spektren. Das Resultat ist nicht überraschend, da nach *Levin* diese Tiere in einer Atmosphäre von 0,5% CO 3 Stunden zu leben vermögen und sich nachher an frischer Luft wieder erholen. Ich hielt mich, als ich die Tiere in den Versuchsraum brachte, ungefähr 1 Minute darin auf. Nachher verspürte ich Kopfweh, hatte Schwindel, Müdigkeit in den Beinen und Brechreiz. Die sofortige Blutuntersuchung ergab jedoch kein CO. Einem jungen Gastechniker, der mir bei den Versuchen behilflich war, ist es 2—3mal ähnlich ergangen, ohne daß ich je CO im Blute nachweisen konnte. Durch die individuelle Empfindlichkeit des Menschen auf CO und durch seine persönliche Lebensenergie wird jeder Versuch illusorisch, Normen für reaktive biologische Vorgänge zu schaffen. Wenn es sich auch um kleine Mengen von CO in der Luft handelt, sagen wir sogar um kleinere Mengen als 0,02%, so ist in dem einen oder anderen Falle dennoch eine Vergiftung sehr wohl möglich. Der Nachweis von CO durch das CO-Hämoglobin im Blut gelingt meistens nicht mehr, wenn die Luft weniger als 0,02% CO enthält. Es sind jedoch Fälle bekannt, wo beim Arbeiten während längerer Zeit im gleichen Raum noch kleinere Mengen schwere Vergiftungserscheinungen gemacht haben.

Welche Schlußfolgerungen dürfen nun gezogen werden?

Man unterscheide zwischen den Ursachen für die CO-Entwicklung und denjenigen der CO-Vergiftung.

Die Unglücksfälle sind CO-Vergiftungen. Die CO-Entwicklung kommt zustande durch unvollkommene Verbrennung von Leuchtgas bei Gaskochherden und Gasschnellkochern (Rechaud). Bei gewöhnlicher Handhabung der Apparate brennen deren Flammen vollkommen, besonders ungünstige Verhältnisse machen die gleichen Apparate zur CO-Quelle. Lokaler Luftmangel im Raume zwischen Brenner und Topfboden verkörpern diese ungünstigen Verhältnisse. Im speziellen kommt dieser Luftmangel zustande, wenn von außen an die Flamme zu wenig Luft gelangt; ursächlich dabei ist ein Topf mit einem übergroßen Durchmesser. Andererseits kann der Luftmangel bedingt sein, indem die Abgase nicht entweichen können und gefangen bleiben, woran der Abstand Brenner-Topfboden schuld sein kann. Technisch sind die Fragen noch nicht gelöst. Weitere Untersuchungen darüber sind im

Gange. Sicherlich hängt die CO-Entwicklung nicht direkt vom Sauerstoffmangel im Raume ab.

Die CO-Vergiftung jedoch ist bedingt durch die Ventilationsunmöglichkeit und Kleinheit der Küchenräume. Als die Vergiftung fördernde Faktoren sind anzusehen hohe Temperatur, Feuchtigkeit, Kohlensäurereichtum der Luft, weil sie den Menschen für eine CO-Vergiftung empfänglicher machen.

Hygieniker und Arzt haben nun die Sorge um die Vermeidung solcher Unglücksfälle. Es ist schwer, dieser Gefahr beizukommen, weil sie eine Verkettung darstellt von vielen an und für sich nicht durchaus gefährlichen Einzelbegebenheiten. Das wirksamste Mittel, gewisse Gefahren abzuwenden, nämlich die Gesetzgebung, kann nicht in Anspruch genommen werden. Denn man kann nicht beweisen, daß diese so weit verbreiteten Kochapparate bei gewöhnlicher Handhabung die Allgemeinheit gefährden. Es ist zwar sicher kein Zufall, daß in 5 von den 7 Unglücksfällen Lyoner Systeme zur CO-Quelle wurden. Immerhin ist ein Fall auch bei einem tadellosen neuen Gaskochherd passiert. Wie will man vermeiden, daß in kleinen Küchen nicht gewaschen wird, und daß nicht bei geschlossenen Fenstern und Türen dies getan wird? Der einzige Weg ist die Aufklärung und Warnung vor solchen Gefahren. In Basel wurden deshalb Warnungstafeln gedruckt und in jeder Haushaltung zu den Gasheizapparaten aufgehängt. Ferner kann man der städtischen Feuerschau nahelegen, namentlich in so kleinen Küchen Abzugsklappen zu verlangen. Grundlegenderes kann leider zur Vermeidung nicht geschaffen werden; gegen Unverstand ist kein Universalmittel erfunden. Die praktischen Ärzte aber mögen an solche Situationen denken, weil sie im gegebenen Augenblick doch noch Rettung den Verunglückten bringen können, wenn sie die Sachlage als solche rasch erkennen.

Nach Abschluß der Arbeit erhielt ich von Herrn Dr. *Eisenlohr* in Konstanz Kenntnis von einem durch ihn beobachteten einschlägigen Fall, den ich hier in seinem Einverständnis mitteile:

Eine Frau badete in der Küche und wurde nach etwa $2^1/_2$ Stunden tot in der mit Wasserdampf angefüllten Küche aufgefunden. Der gerufene Arzt stellte Herzschlag mit ? fest. Die Leiche saß allerdings noch auf dem Stuhl, fühlte sich nach dem Ergebnis der Nachforschung teilweise noch warm an. Erbrochenes war nicht feststellbar. Fenster und Türen waren dicht geschlossen, Gasgeruch war nicht wahrnehmbar, dagegen war, wie schon angeführt, die Küche dicht mit Wasserdampf gefüllt. Auf dem Gasherd stand ein großer Topf, der noch teilweise mit Wasser gefüllt war. Eine Untersuchung der Gasleitung ergab keine Beanstandung, auch in der Abführung der Abgase aus der Küche fanden sich keine Defekte.

Die gerichtliche Sektion ergab von vornherein Verdacht auf Kohlenoxydvergiftung, auf Grund der festgestellten Totenflecken. Das uns übersandte Blut

ist im hiesigen Institut untersucht und einwandfrei Kohlenoxyd (CO) festgestellt worden.

Eine Klärung, woher das Kohlenoxyd kommt, war zunächst nicht möglich. Ihre Veröffentlichung in oben angeführter Zeitschrift hat aber die Staatsanwaltschaft hier schließlich davon überzeugt, daß die Ursache des Todes (bei einer allerdings etwas herzkranken Persönlichkeit) auf die von Ihnen geschilderten Momente zurückgeführt werden muß.

Literaturverzeichnis.

[1] *Bunte*, Siehe deutscher Verein für Gas- und Wasserfachmänner 1927; siehe *Sachs*, S. 171ff. — [2] *Dalldorf, V. H.*, Anforderungen der Praxis an die Konstruktion der Gaskocher. Gas- und Wasserfach **1922**, H. 2. — [3] *Dittrichs*, Handbuch für ärztliche Sachverständigentätigkeit. Erben, Vergiftungen 1909. — [4] *Doepner*, Z. Med.beamte **22** (1909). — [5] *Flügge*, Über Luftverunreinigung, Wärmestauung und Lüftung. Z. Hyg. **49**, 363. — [6] *Frei*, Über neuere Kocheruntersuchungen. J. f. Gas- u. Wasserfach **1925**, H. 48. — [7] *Geelmuyden*, siehe *Sachs*, S. 171. — [8] *Grehant*, siehe *Sachs*, S. 171. — [9] *Grossmann*, Kasuistischer Beitrag zur gerichtlich-medizinischen Beurteilung der CO-Vergiftungen. Inaug.-Diss. Zürich 1921. — [10] *Gruber*, J. f. Gasbeleuchtung **1914**, 691. — [11] *Hauser*, Beiträge zur Kenntnis der CO-Vergiftung. Inaug.-Diss. Zürich 1914. — [12] *Heller*, Prag. med. Wschr. **39**, Nr 50 (1914). — [13] *Inhelder*, Zur Kenntnis seltener und verkannter Situationen von CO-Vergiftungen. Inaug.-Diss. Zürich 1922. — [14] *Knorr*, Dtsch. med. Wschr. **1927**, Nr 35. — [15] *Kunkel*, Lehrbuch der Toxikologie **1**. — [16] *Lewin*, Kohlenoxydvergiftung. 1920. — [17] *Meyenburg, H. v.*, Zur Kenntnis der Quellen der CO-Vergiftung. Sep.-Abdr. aus dem Korresp.bl. schweiz. Ärzte **1917**, 51. — [18] *Ochsner*, Kasuistik der Kohlenoxydvergiftungen. Inaug.-Diss. Zürich 1920. — [19] *Rietschel*, Dtsch. Verein von Gas- u. Wasserfachmännern 1906. — [20] *Sachs*, Kohlenoxydvergiftungen. 1900. — [21] *Strassmann*, Dtsch. med. Wschr. **54**, Nr 24 (1928). — [22] Anleitung für Aufstellung und Handhabung von Gas- und Feuerstätten und Geräten für Niederdruckgas. Dtsch. Verein von Gas- u. Wasserfachmännern 1927. — [23] *Wehrli*, Der Einfluß von Temperatur und Feuchtigkeit auf CO und CO_2-Vergiftungen. Inaug.-Diss. Zürich 1921. — [24] *Zangger*, Vergiftungen. Diagnostische und therapeutische Irrtümer und deren Verhütung. Von J. Schwalbe. Leipzig 1924.